

<報文>含ウラン・トリウム鑛物の分離に関する基礎的研究(第2報) : ウラン鑛と共生する黄銅鑛, 磁硫鉄鑛, 黄鉄鑛, 硫砒鉄鑛, 及び灰重石等の物理化学性

著者	和田 正美, 眞島 宏, 橋本 敏雄, 小關 精壹, 鈴木 揖子, 宮本 信雄
雑誌名	東北大学選鑛製錬研究所彙報 = Bulletin of the Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University
巻	13
号	1
ページ	31-42
発行年	1957-07-30
URL	http://hdl.handle.net/10097/32293

含ウラン・トリウム鉱物の分離に関する 基礎的研究 (第2報)

ウラン鉱と共生する黄銅鉱, 磁硫鉄鉱, 黄鉄鉱, 硫砒鉄鉱,
及び灰重石等の物理化学性

和田正美* 眞島 宏* 橋本敏雄* 小關精壹* 鈴木揖子** 宮本信雄*

Fundamental Studies on the Separation of Minerals Containing Uranium and Thorium. (II) Physico-chemical Characteristics of Chalcopyrite, Pyrrhotite, Pyrite, Arsenopyrite, Scheelite, and Other Minerals Associated with Uranium Minerals. By Masayoshi WADA, Hiroshi MAJIMA, Toshio HASHIMOTO, Seiichi KOSEKI, Yuko SUZUKI, and Nobuo MIYAMOTO.

In order to obtain fundamental data on the concentration of uranium bearing ores from the Matsuiwa Mine, Miyagi Prefecture, examinations were made of a few physico-chemical characteristics of the ore from the Maeda Pit and the reference samples as chalcopyrite, pyrrhotite, pyrite, arsenopyrite, calcite, scheelite, hornblende, and tourmaline. Further, the behavior of uranium minerals in the course of separation of constituent minerals of the ore was pursued.

The feed was analyzed to be 0.058% U_3O_8 and composed of over 80% of 100~270 mesh fraction. The principal constituent minerals were chalcopyrite, pyrrhotite, arsenopyrite and scheelite. The uranium minerals were very minute in size.

The adsorption of potassium ethyl xanthate on the samples of sulphide minerals was almost equal with each other, but that on the samples of non-sulphide minerals was in the order of $1/2 \sim 2/3$ times the former. The adsorption of sodium oleate on the samples of non-sulphide minerals was more or less different. The adsorption on scheelite was the largest and that on calcite was negligibly small, those on hornblende and tourmaline were 80% and 67% of that on scheelite respectively.

The distribution of radioactive minerals measured by the intensity of radioactivity or by the analysis of U_3O_8 in the products of concentration was about 20~30% except pyrrhotite concentrate. As the distribution of U_3O_8 in the pyrrhotite concentrate was only 3%, it might be advisable to concentrate U_3O_8 in sulphide or oxide and silicate concentrate by separating pyrrhotite by means of magnetic separation. As a substantial amount of pyrrhotite was found in chalcopyrite or arsenopyrite concentrate, it might be necessary to separate pyrrhotite in a magnetic field of much higher intensity than 1,000 oersteds.

It is pointed out that further investigation into the application of roasting, carbonate pressure leaching, acid pressure leaching and flotation, and other possible treatment process to such ores as the Matsuiwa ore should be necessary.

(Received June 8, 1957)

1. 緒 言

著者等は本研究の第1報¹⁾において東南アジア産の稀元素鉱物を含む砂鉱の分離に関する基礎的研究の結果を報告したが、本報告では宮城県気仙沼市の松岩鉱山産の中～深熱水性のウラン鉱の選鉱に関する基礎的資料を提供するためウラン鉱と共生する主要構成鉱物の顕微鏡観察、オートラジオグラフィー、比重、分光反射、磁性、及びX線廻折等の測定を行うと共に、これと併行して黄銅鉱, 磁硫鉄鉱, 黄鉄鉱, 硫砒鉄鉱, 及び灰重石等の純粹試料の比重, 分光反射, 磁性, X

選鉱製錬研究所報告 第268号, 昭和32年度日本鑛業會春季大會學術講演會にて發表 (1957. 4. 24.).

* 東北大學選鉱製錬研究所

*** 東北大學選鉱製錬研究所 (現東北大學大学院理學研究科).

1) 和田正美, 眞島 宏, 橋本敏雄, 小關精壹, 鈴木揖子: 日本學術會議第1回原子力シンポジウムにて講演發表 (1957. 1. 13.).

線廻折, 及び液相吸着等の諸性質を測定し, その結果を比較検討した。

2. 實驗裝置及び方法

a) 比重測定 第1報¹⁾に報告したものと同様の方法によつたが, 粒度は試料の都合上同一にすることは出来なかつた。概ね 48 mesh 以下であるが, 一・二のものは 270 mesh 或は 325 mesh 以下であつた。

b) 分光反射率測定 第1報¹⁾に報告したものと同様の方法によつたが, 粒度は凡て 270~325 mesh とした。

c) 磁性測定 磁性測定には弾動電流計法による磁性測定装置を自作した。磁化コイルは全捲數 1,179 回, 長さ 1 cm 當りの捲數は 46.5 回であり, 中心部の磁場の強さ H (oersted) と電流 i (A) の關係は $H=56.6i$ によつて表わされ, $H_{\max}=500$ oersted である。サーチコイルは全捲數 400 回, 斷面積 0.380 cm^2 であり, 試料容器は長さ 5 cm, 斷面積 0.120 cm^2 である。試料の粒度は 48~100 mesh, 或は 65 mesh 以下で, 緻密に充填した場合の重量は 1.5~1.6 g であつた。磁化の強さは試料の充填度を測定し, 有効斷面積につき計算した。

d) X線粉末廻折測定 X線粉末廻折圖は著者等が先に含チタン砂鐵鑛の選鑛學的研究の第5報²⁾に報告した Norelco X線廻折裝置により作製されたものである³⁾。測定條件は走査速度 $2\theta 1^\circ/\text{min}$, 記録紙の廻轉速度 $1/2 \text{ in}/\text{min}$, 時定數 4 sec, スリット巾發散 1° , 散亂 1° であり, 對陰極には銅, フィルターにはニッケルを使用し, 電壓及び電流は 40 kV, 15 mA である。スケールファクター及びマルチプライヤーは試料により區々であつて, 前者は 4~16, 後者は 0.6~1.0 とした。

e) オートラジオグラフィー 感光材料としては富士X線齒科用フィルムを用い, スライドガラス, セロファン, フィルム, セロファンの順に重ね合せ, その上に試料の研磨面を密着せしめ, 試料の背面にラバースポンジを當て, カメラ枠に固定し, フィルムに偽寫眞効果や疵を生じないように注意した。カメラ及び容器はベークライト板を用いて製作したもの⁴⁾を使用し, 容器内には少量のシリカゲルを紙袋に入れて裝入した。露光時間は原鑛の塊狀研磨片に對しては 17hr (寫眞 1), 原鑛及び選鑛產物の粉末の團鑛試料の研磨片に對しては 168 hr (寫眞 2) とし, 溫度は前者の場合には室温, 後者の場合には 5°C 内外とした。研磨面と現像したフィルム面の位置を照合するには硝酸ウラン 10% を含有するブルーブラックインキにアルコールを倍量加えた放射性インキを使用した⁵⁾。塊狀試料の輪廓を出すにはフィルムをカメラに固定した状態で, 橙色セーフライトガラスを挿入した 10 W 暗室ランプに向けてフィルムの露出部分が平均に感光するよう廻し乍ら 5 min 間露光した。粉末試料の團鑛用封入劑としては Lakeside cement No. 70 を用いた。

f) 放射能測定 神戸工業株式會社製 100 進法 Geiger-Müller 放射能測定裝置 (GSC-3 型) を用い, 計數管 (PC-7 型) 電壓 1,250 V, 試料皿 ステンレス製 $2.5 \text{ cm}\phi \times 0.65 \text{ cm}$, 試料粒度 $<65 \text{ mesh}$, 試料重量 3.50 g, 試料と計數管との距離 0.2 cm とし, 測定時間は net count が 1,000 以上になるようにするため, 放射能強度の強いものでは 20 min, 弱いものでは 30 min とした。英國 Radio Chemical Centre 製 C^{14} ポリスチレンシート (0.1 mc) をリファレンスソースとして計數管との距離 1.5 cm で測定した結果 72 count/min を得た。

g) ザンセートの吸着測定 黃銅鑛, 磁硫鐵鑛, 黃鐵鑛, 硫砒鐵鑛, 方解石, 灰重石, 角閃石, 及び電氣石に對するエチルザンセートカリの液相吸着を測定するため, 粒度 270~325 mesh の試料 2.000 g を 50 cc 蓋付三角フラスコ中にとり, これに濃度 50 mg/l のエチルザンセートカリ水溶液 8 cc を加え⁶⁾, 15°C に 1 hr 保ち, その間 10 回激しく振盪した。吸着後鑛液を濾過

2) 和田正美, 眞島 宏, 橋本敏雄, 小關精壹: 選研彙, 12 (1956), 7.

3) 石原産業株式會社の御好意により, 同社四日市工場技術部研究課で作製されたものである。

4) Yagoda, Herman: Radioactive Measurements with Nuclear Emulsions. (1949), 56.

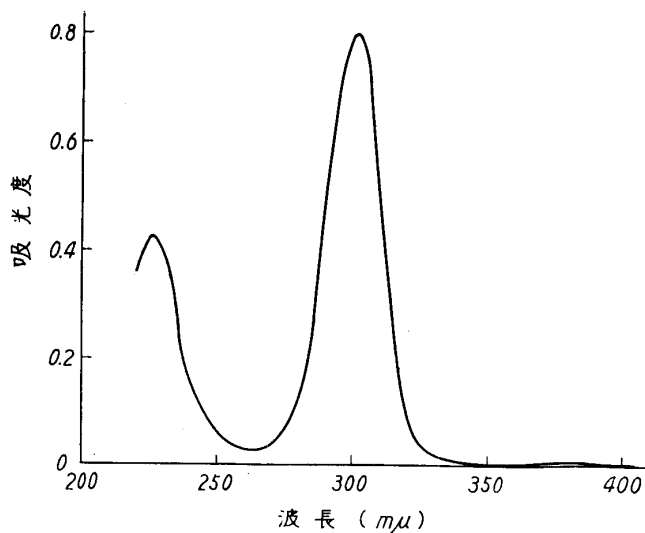
5) 早瀬一: 地質誌, 58 (1952), 33.

6) 鑛液濃度 20%, 試薬添加量 200 g/t に相當する。

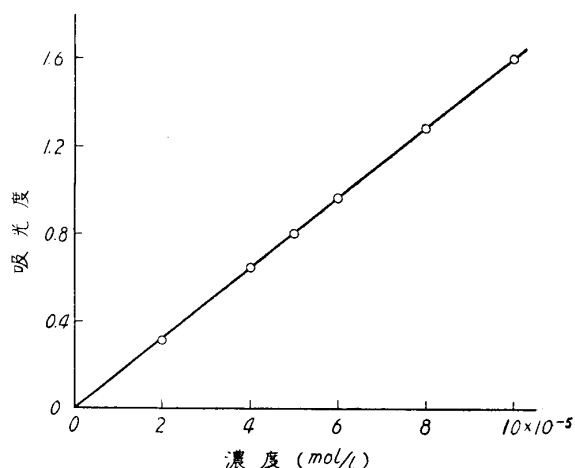
し、濾液の波長 $301\text{ m}\mu$ に於ける吸光度を測定し、吸着前後の液の濃度差からゼンセートの吸着量を求めた⁷⁾。

使用したエチルゼンセートカリは実験室で合成したものをアセトン—石油エーテル抽出法で3回精製し、真空乾燥したもので⁸⁾、合成及び精製に用いた試薬は何れも試薬特級又はそれ以上に精製したものである。

第1圖は濃度 $5.0 \times 10^{-5}\text{ mol/l}$ のエチルゼンセートカリ水溶液の吸光度曲線、第2圖は波長



第1圖 エチルゼンセートカリの吸光度曲線
(濃度 $5.0 \times 10^{-5}\text{ mol/l}$)

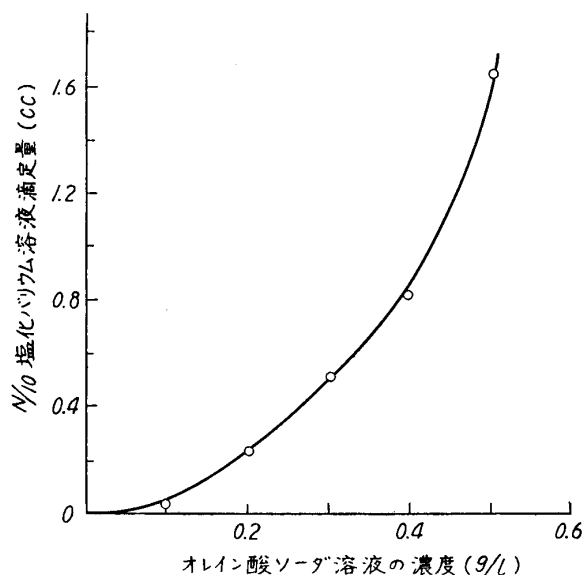


第2圖 エチルゼンセートカリの検量線
(波長 $301\text{ m}\mu$)

$301\text{ m}\mu$ に於ける検量線を示す。

h) オレイン酸ソーダの吸着測定 方解石、灰重石、角閃石、及び電気石に対するオレイン酸ソーダの液相吸着を測定するため、粒度 65~100 mesh の試料 10.00 g をとり、濃度 0.5 g/l のオレイン酸ソーダ水溶液 250 cc を用い、コラム法¹⁾により、原液の pH 9.2、温度 $20 \sim 23^\circ\text{C}$ 、吸着時間 30 min にて吸着試験を行つた。吸着後の液はフェノールフタレインを指示薬として、 $1/10\text{ N}$ 塩化バリウム溶液により滴定し、吸着前後の液の濃度差からオレイン酸ソーダの吸着量を求めた。⁹⁾ オレイン酸ソーダとしては隅田化学薬品株式会社製の試薬を使用した。

第3圖はオレイン酸ソーダ溶液濃度と $1/10\text{ N}$ 塩化バリウム溶液滴定量との関係を示す。



第3圖 オレイン酸ソーダ溶液の濃度と $1/10\text{ N}$ 塩化バリウム溶液の滴定量との関係

i) 選鉱試験 第4圖は松岩ウラン鉱の選鉱試験の系統圖を示す。原鉱は磁製ポットミル¹⁰⁾にて $<65\text{ mesh}$ 以下に乾式粉碎したもので、浮選機としては京大式 M. S. 型 150 g 試験機を用い、

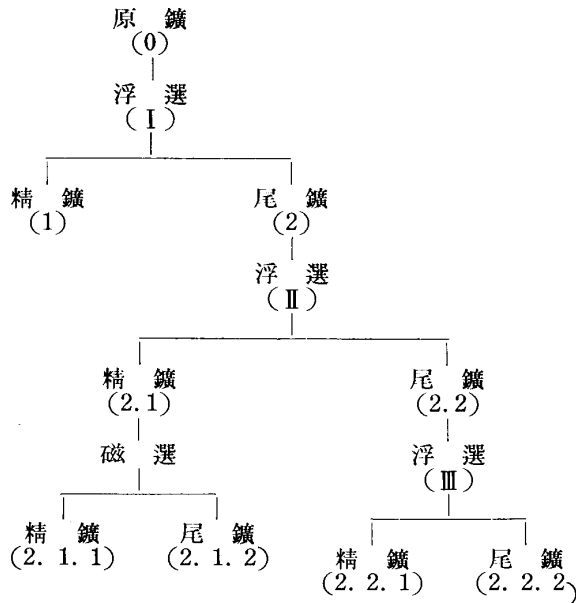
7) 向井 磁：九州大學生産科学研究所報告，No. 17 (1955)，47. 向井滋授教は波長 $300\text{ m}\mu$ に於てアミルゼンセートカリの吸光度を測定し、その吸着量を測定された。

8) 眞島 宏：浮選法に関する研究 (第11報). 日本鑛業會誌に投稿の予定。

9) 大山 正，下飯坂潤三，臼井進之助：東北鑛山，2，No. 2 (1955)，15.

10) $185\text{ mm } \phi \times 240\text{ mm}$ ， $1/4\text{ HP}$ ，ボール裝入量 1,855 g ($35\text{ mm } \phi$ 22 個， $28\text{ mm } \phi$ 26 個)，回転速度 53 rev/min (限界速度の 54%)。

インペラーの回転数は 1,500 rev/min, 給礦濃度は20%とした。第1次浮選の條件は石灰 (CaO) 4,000 g/t, エチルゼンセートカリ 50 g/t, パイン油 70 g/t, 條件賦與 30 min, 浮選 15 min, 温度 20°C, 浮選後の礦液の pH 10.8, 第2次浮選の夫は硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 200 g/t, 硫酸 32,600 g/t, エチルゼンセートカリ 65 g/t, パイン油 135 g/t, 條件賦與 20 min, 浮選 20 min, 温度 22°C, 浮選後の礦液の pH 3.0, 第3次浮選の夫は蒸溜水 100 cc¹¹⁾, 炭酸ソーダ 67,000 g/t, タンニン酸 75 g/t, 苛性ソーダ 1,000 g/t, 珪酸ソーダ (Na_2SiO_3) 500 g/t, オレイン酸 1,000 g/t, 條件賦與 30 min, 浮選 15 min, 温度 21°C, 浮選後の礦液の pH 8.1 とした。



第4圖 松岩ウラン礦の選礦系統圖

堀せしめたもの及び當所南部松夫博士により採取されたものを混合したもので¹⁴⁾, 之をロールジョークラッシャー¹⁵⁾により粗碎し, 粒度約 10 mm 以下のものを試料として用いた¹⁶⁾。

使用した試薬の中苛性ソーダ及び炭酸ソーダは試薬特級のもの, タンニン酸は日本薬局方のもの, エチルゼンセートカリは獨國グリスハイム製のもの, パインオイルは米國ハーキュレス製のものであり, 他は凡て試薬一級のものである。

磁選機としてはデービス型濕式磁選試験機¹²⁾を用い, 磁場の中心強度は 1,000 oersted とした。

3. 試 料

試料としては第1表に示す8種の礦物及び松岩鑛山産の鑛石を使用した。鑛物試料の調製法は本報告第1報¹⁾の場合と略々同様である。松岩鑛山産の鑛石は同鑛山の前田坑の堅坑開鑿の際採掘され, 坑外に堆積されていた鑛石中から携帯用 G-M 放射能測定器¹³⁾ を使用し, 放射能強度の比較的高いものを選別採取したもの, 坑内に於て指定採

第1表 試料鑛物の種類

番號	名 稱	産 地
1	黄 銅 鑛	宮城縣刈田郡小原村萬藏鑛山
2	磁 硫 鐵 鑛	大分縣大野郡尾平鑛山
3	黄 鐵 鑛	青森縣青森市金堀澤鑛山
4	硫 砒 鐵 鑛	宮城縣西白杵郡岩戸村土呂久鑛山
5	方 解 石	岐阜縣不破郡赤坂
6	灰 重 石	岐阜縣惠比壽鑛山
7	角 閃 石	大分縣大野郡尾平鑛山
8	電 氣 石	福島縣石川郡石川
9	松 岩 ウ ラ ン 鑛	宮城縣氣仙沼市字大石倉松岩鑛山前田坑

第2表は松岩ウラン鑛の選鑛試験原鑛の粒度分布, 第3表はその鑛物組成を示す, 原鑛試料の

- 11) 精鑛揺出による鑛液量の減少を補うため蒸溜水を添加した。
- 12) 和田正美, 眞島 宏, 橋本敏雄, 菊地浩五郎, 小關精壹: 水曜, 12 (1955), 611.
- 13) 神戸工業株式會社製 SM-6 型。
- 14) 小野健二所長, 竹内常彦教授, 南部松夫博士並びに磐井鑛山株式會社社長新井春男氏, 同松岩鑛山前所長岡田靜夫氏の御好意による。
- 15) 2 in×4 in, 1/2 HP, 大塚工場製。
- 16) 粒度約 50 mm 以上のものは岡田廣吉講師の御好意により放射能強度によつて區分し, 今後の科學的試験の試料として保存することとした。

放射能強度は 70 count/min である。写真 1 は放射能強度の比較的強い塊状試料の研磨片のオートラジオグラフィー、写真 2 F は原鑛の團鑛試料の研磨片の夫を示す。

第2表 松岩ウラン鑛原鑛の粒度分布

粒 度 (mesh)	重 量 分 布 (%)
65~100	8.03
100~150	11.16
150~200	46.25
200~270	24.25
270~325	7.51
<325	2.80

第3表 松岩ウラン鑛原鑛
の鑛物組成

名 稱	體 積 率 百 分 率
黄 銅 鑛	33.0
磁硫鐵鑛	8.8
硫砒鐵鑛	5.7
灰 重 石	2.5
輝銅鑛, 赤銅鑛, 閃ウラン鑛等	1.4
脈 石	48.6

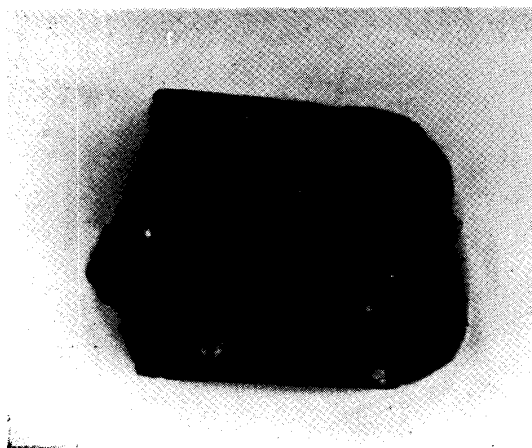


写真 1 松岩ウラン鑛原鑛塊状試料のオートラジオグラフィー ×1.3

4. 實 験 結 果

a) 比重 第4表は8種の試料の比重を測定した結果を示し、表中には参考のため Dana¹⁷⁾ による記載値を掲げた。表によれば黄銅鑛, 黄鐵鑛, 硫砒鐵鑛, 灰重石, 角閃石, 電氣石等は Dana の記載値の範囲内にあり、方解石はこれと良く一致しているが、磁硫鐵鑛のみは稍低い値を示している。

第4表 試料鑛物の比重

番 號	名 稱	比 重	
		測 定 値	文 献 記 載 値
1	黄 銅 鑛	4.12	4.1 ~4.3
2	磁 硫 鐵 鑛	4.46	4.58~4.64
3	黄 鐵 鉍	5.01	4.95~5.10
4	硫 砒 鐵 鉍	6.13	5.9 ~6.2
5	方 解 石	2.71	2.710
6	灰 重 石	5.92	5.9 ~6.1
7	角 閃 石	3.37	3.0 ~3.5
8	電 氣 石	3.19	2.98~3.20

b) 分光反射率 第5圖は8種の試料の分光反射率を測定した結果を示し、第5表はこれから求めた3色係數並びに色度及び明度の値を示す。主宰波長は電氣石の夫の 481 m μ , 及び角閃石の補色の主宰波長の 493 m μ を除けば他は何れも 570~590 m μ 程度である。刺戟純度は夫々黄銅鑛, 黄鐵鑛, 及び磁硫鐵鑛の 19.6%, 9.8%, 及び 9.6% を除けば他は何れも 1.0~3.8% 程度の低い値である。明度は方解石の 85.4%, 及び灰重石の 55.3% を除けば他は何れも 8.5~20.3% 程度で比較的暗色を呈している。

17) Ford, W.E. : Dana's Textbook of Mineralogy. 4th ed. (1954), 428, 431, 434, 513, 575, 634, 773.

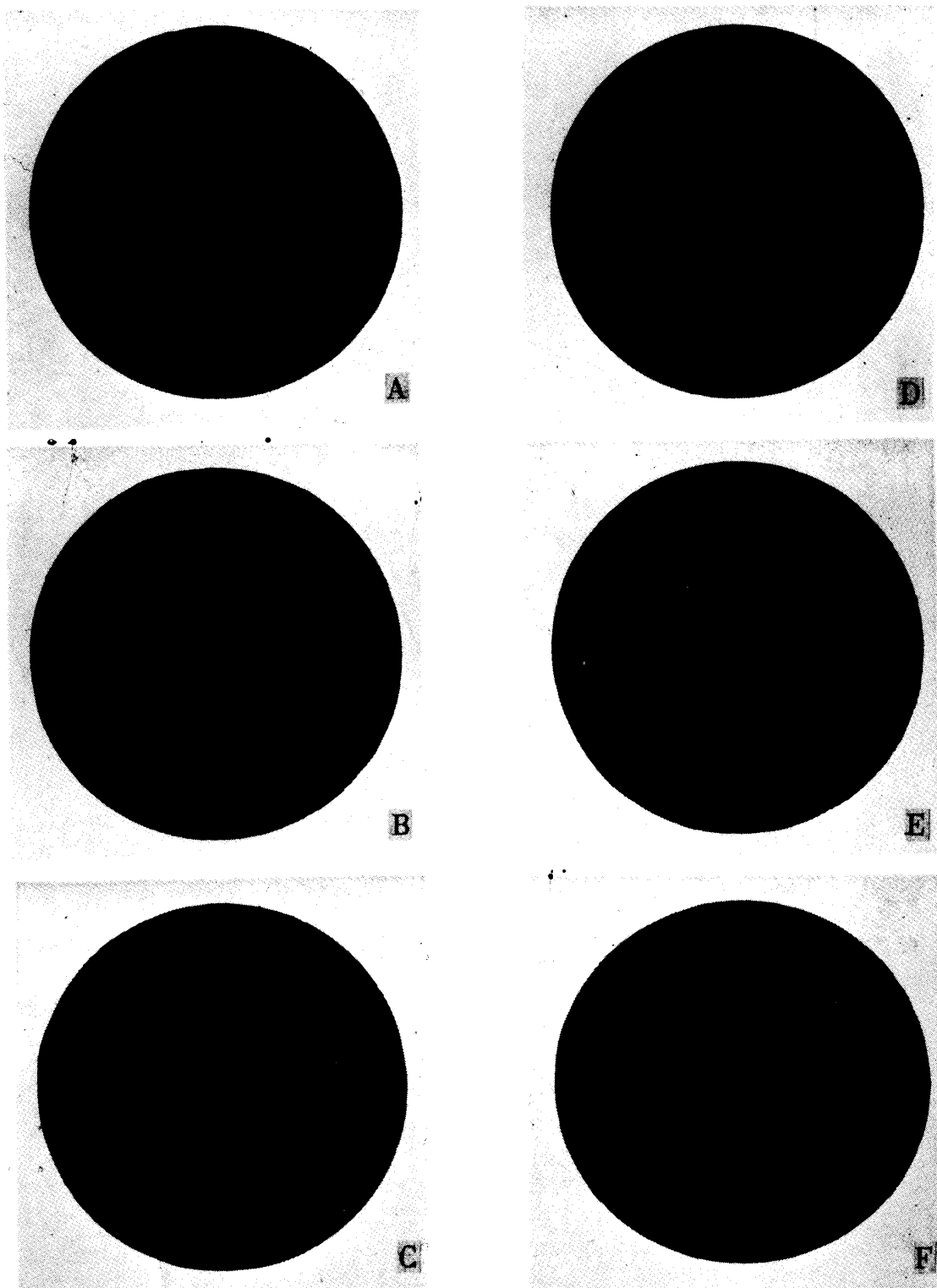
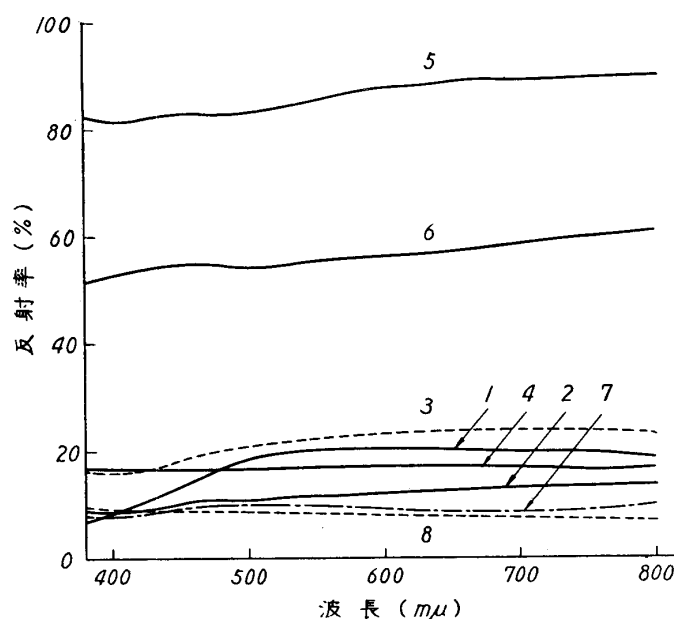


写真2 松岩ウラン鑛の原鑛及び選鑛産物の團鑛試料のオートラジオグラフィー ×3

- A : 黄銅鑛精鑛 (1)
- B : 磁硫鐵鑛精鑛 (2.1.1)
- C : 硫砒鐵鑛精鑛 (2.1.2)
- D : 灰重石精鑛 (2.2.1)
- E : 尾 鑛 (2.2.2)
- F : 原 鑛 (0)

c) X線粉末廻折 第6表は試料鉱物のX線廻折圖中の主なピークに対する面間隔 $d(\text{\AA})$ とそのピークの相対強度 I/I_1 を示す. 之等の試料鉱物の中黄銅鑛, 黄鐵鑛, 硫砒鐵鑛, 方解石, 及び



第5圖 試料鉱物の分光反射率特性

1 黄銅鑛 2 磁硫鐵鑛 3 黄鐵鑛 4 硫砒鐵鑛
5 方解石 6 灰重石 7 角閃石 8 電氣石

第5表 試料鉱物の3色係数並びに色度及び明度

番 号	名 稱	三 色 係 数 及 び 明 度			色 度 及 び 明 度		
		x	y	$Y(\%)$	$\lambda_d (m\mu)$	$P_e (\%)$	$Y(\%)$
1	黄銅鑛	0.3376	0.3608	20.3	572	19.6	左のYに同じ
2	磁硫鐵鑛	0.3276	0.3347	12.2	577	9.6	
3	黄鐵鑛	0.3259	0.3381	22.4	572	9.8	
4	硫砒鐵鑛	0.3123	0.3178	17.2	580	1.0	
5	方解石	0.3155	0.3198	85.4	582	2.4	
6	灰重石	0.3126	0.3174	55.3	588	1.0	
7	角閃石	0.3187	0.3143	9.4	493*	2.2	
8	電氣石	0.3017	0.3093	8.5	481	3.8	

* 補色の主宰波長

電氣石の面間隔 d は何れも久保及び加藤の書¹⁸⁾ に記載された値に略々一致した. 磁硫鐵鑛に於ける $d=2.79 \text{\AA}$, 2.70\AA の廻折線は同書には見られないものであるが, その他の線は略々合致している. この2本の廻折線は本試料の比重が文献記載値より小なる點から考えて他の不純物によるものと考えられるが, 如何なる不純物であるかは, 一・二の廻折線の値だけでは決定出来ない. 灰重石及び角閃石のX線廻折の資料は久保等の書には記載がない. 松岩ウラン鑛の選鑛産物に対するX線廻折の結果は第7表に示す如く, 黄銅鑛精鑛, 磁硫鐵鑛精鑛, 硫砒鐵鑛精鑛及び灰重石精鑛の廻折線の主體をなすものは夫々の主題鑛物であることは勿論であるが, 黄銅鑛精鑛には黄銅鑛の他に磁硫鐵鑛の廻折線が數本認められ, 黄鐵鑛又は白鐵鑛の 2.71\AA の廻折線に近似の 2.70\AA の廻折線が認めらる. もしこの廻折線が黄鐵鑛又は白鐵鑛の夫であるとしても, 2.42\AA , 2.32\AA , 2.21\AA , 1.76\AA , 1.63\AA , 1.594\AA , 其他の廻折線は確認困難であり, これらの強度から考えて, 極めて少量であらうと想像される. 磁硫鐵鑛精鑛には夾雜物の廻折線は認められない. 硫砒鐵鑛精鑛の場合は黄銅鑛精鑛の場合と同様に考へられる. 尾鑛は灰重石に相當する廻折線と石英

18) 久保輝一郎, 加藤誠軌: X線廻折による化學分析. (1955).

と思はれるものの廻折線が認められる他は判然としない。この石英と思われるものの廻折線は磁硫鉄礦精礦を除いた他の凡ての産物に認められる。

第6表 試料礦物の X 線粉末廻折線

1		2		3		4		5		6		7		8	
黄銅礦		磁硫鉄礦		黄鉄礦		硫砒鉄礦		灰重石		方解石		角閃石		電気石	
d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1
3.03	1.0	2.97	0.4	3.12	0.4	3.66	0.2	3.10	1.0	3.84	0.05	3.41	0.1	4.22	0.6
1.87	0.2	2.79	1.0	2.71	1.0	3.34	0.1	3.07	0.3	3.02	1.0	3.30	0.2	3.98	0.6
1.85	0.3	2.70	0.3	2.42	0.6	2.85	0.1	2.84	0.3	2.49	0.05	3.15	1.0	3.46	1.0
1.59	0.2	2.64	0.5	2.21	0.5	2.66	1.0	2.62	0.1	2.28	0.05	2.97	0.1	3.32	0.1
1.57	0.1	2.63	0.7	2.03	0.1	2.56	0.1	2.29	0.2	2.09	0.05	2.83	0.3	2.95	0.7
		2.06	0.6	1.91	0.4	2.45	0.4	1.99	0.1	1.91	0.1	2.76	0.1	2.58	0.6
		2.05	0.5	1.63	0.6	2.41	0.5	1.93	0.3	1.87	0.1	2.74	0.3	2.38	0.3
		1.72	0.4	1.50	0.1	2.09	0.1	1.85	0.1	1.60	0.02	2.62	0.1	2.35	0.1
		1.63	0.4	1.45	0.1	1.95	0.1	1.69	0.2	1.52	0.02	2.57	0.1	2.12	0.2
						1.84	0.1	1.55	0.1	1.44	0.02	2.40	0.1	2.04	0.4
						1.82	0.3	1.55	0.1			2.35	0.1	1.92	0.2
						1.76	0.1	1.29	0.1			2.18	0.1	1.87	0.1
						1.63	0.2					2.04	0.1	1.66	0.5
						1.54	0.1					1.66	0.1	1.45	0.3
												1.63	0.1	1.41	0.1
												1.60	0.1		
												1.45	0.2		

第7表 松岩ウラン礦選礦産物の X 線粉末廻折線

1		2. 1. 1		2. 1. 2		2. 2. 1		2. 2. 2	
黄銅礦精礦		磁硫鉄礦精礦		硫砒鉄礦精礦		灰重石精礦		尾 礦	
d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1	d (Å)	I/I_1
				4.24	0.4	4.24	0.2	4.24	0.3
				3.54	0.2	3.53	0.4	3.53	0.1
				3.33	1.0	3.33	1.0	3.34	1.0
3.33	0.3							3.18	0.05
3.03	1.0					3.03	0.3	3.03	0.05
2.97	0.2	2.97	0.8			2.80	0.1		
2.70	0.2			2.70	0.3				
2.63	0.2	2.63	0.7						
		2.62	0.4					2.58	0.05
				2.42	0.2			2.45	0.1
								2.28	0.1
								2.23	0.05
								2.12	0.1
2.06	0.2	2.06	1.0	2.05	0.2				
		2.05	0.9	1.99	0.2	1.99	0.1	2.00	0.1
1.87	0.2							1.98	0.05
1.85	0.3								
1.71	0.1	1.72	0.8			1.82	0.1	1.82	0.1
				1.63	0.2				
1.59	0.2								
1.57	0.1								
								1.54	0.1
								1.38	0.05
								1.37	0.1

d) ゼンセートの吸着 試料礦物によるエチルゼンセートカリの吸着實驗の結果を第8表に示す。實驗は何れも pH 調節を行はない状態で行つた。硫化礦物は何れも含酸素礦物に比し大なる

吸着量, 即ち $1.90 \times 10^{-1} \sim 1.97 \times 10^{-1} \text{mg/g}$ の値を示すが, 硫化鉱物相互の間には余り大きい開きは認められない. これに對して硫化鉱物以外の試料鉱物は硫化鉱物に對する吸着量の約 1/2~

第8表 試料鉱物によるエチルゼンセートの吸着

番 號	名 稱	供 試 量 (g)	原液濃度 (mg/cc)	濾液濃度 (%)	濾液濃度 (mg/cc)	吸 着 量		濾 液 pH
						(mg/g)	(mg/cm ³)	
1	黄 銅 鑛	2.000	5.0×10^{-2}	20	2.41×10^{-3}	1.90×10^{-1}	7.81×10^{-1}	5.8
2	磁硫鐵鑛	〃	〃	〃	7.25×10^{-4}	1.97×10^{-1}	8.79×10^{-1}	5.6
3	黄 銅 鑛	〃	〃	〃	9.73×10^{-4}	1.96×10^{-1}	9.80×10^{-1}	5.4
4	硫砒鐵鑛	〃	〃	〃	8.56×10^{-4}	1.97×10^{-1}	1.21	6.2
5	方 解 石	〃	〃	〃	1.50×10^{-2}	1.40×10^{-1}	3.89×10^{-1}	6.0
6	灰 重 石	〃	〃	〃	1.68×10^{-2}	1.33×10^{-1}	7.87×10^{-1}	〃
7	角 閃 石	〃	〃	〃	2.28×10^{-2}	1.09×10^{-1}	3.67×10^{-1}	5.8
8	電 氣 石	〃	〃	〃	1.96×10^{-2}	1.22×10^{-1}	3.90×10^{-1}	6.0

2/3 倍程度の吸着量に相當する $1.09 \times 10^{-1} \sim 1.40 \times 10^{-1} \text{mg/g}$ の値を示している. 勿論本實驗では試料鉱物を單獨に供試したのであつて, 共存せしめた場合には自ら異つた吸着量を示すであらうことは容易に推察される. 以上の結果は浮選の際のゼンセートの消費量という面から興味があるが, 浮游性と關連して論ずる場合には試料鉱物の單位表面積當りの吸着量を知ることが望ましい. こゝでは便宜的に表面積に比較的關係の深い量と考えられる試料鉱物の體積を, 第4表に示した比重の測定値を利用して計算し, 單位體積當りの吸着量を求めた. その結果は硫化鉱物では硫砒鐵鑛が最も大きく 1.21mg/cm^3 で, 黄鐵鑛, 磁硫鐵鑛, 黄銅鑛の順となつていて經驗的な礦物の浮き易さに對する知識とは必ずしも一致しない. 山崎及び下飯坂は S^{35} を含むエーロフロートの黄鐵鑛及び黄銅鑛に對する吸着性及び浮選効果について吸着量の多寡と浮游性との間に並行性が認められないことを述べているが,¹⁹⁾ このことは著者等の結果と相通ずる點があり, 又浮選の基礎問題として極めて興味深いものであつて, 今後別の機會に系統的に研究を進めたい所存である.

e) オレイン酸ソーダの吸着 吸着實驗の結果を第9表に示す. 試料鉱物の單位重量當りの吸

第9表 試料鉱物によるオレイン酸ソーダの吸着

番 號	名 稱	供 試 量 (g)	原液濃度 (mg/cc)	濾液濃度 (mg/cc)	吸 着 量		濾 液 pH
					(mg/g)	(mg/cm ³)	
5	方 解 石	10.00	5.0×10^{-1}	4.98×10^{-1}	0.0001	0.0003	9.2
6	灰 重 石	〃	〃	3.80×10^{-1}	2.925	17.308	8.45
7	角 閃 石	〃	〃	4.03×10^{-1}	2.350	7.912	8.6
8	電 氣 石	〃	〃	4.20×10^{-1}	1.950	6.230	8.75

着量は方解石が極端に少い他は, 灰重石が 2.925mg/g で, 角閃石が灰重石の場合の80%, 電氣石が67% で大きい變化は認められない. d) の場合と同様にして計算した單位體積當りの吸着量についてみれば, いづれも灰重石への吸着量の半分以上となつており, 灰重石が最も浮易いという經驗的な知識と合致する. 2種以上の礦物が共存する場合には競争吸着が起り, 吸着量も當然本實驗で得られた値と異つてくるであらうことはゼンセートの場合と同様容易に想像される.

f) 松岩ウラン鑛の選鑛 前述した如き條件で松岩ウラン鑛に對し一連の浮選及び磁選試験を行つた. この試験で得られた産物の重量分布と放射能強度を第10表に, 又分析品位を第11表に示す. 此等の表から明らかな如く, 放射能強度及び U_3O_8 品位²⁰⁾ は硫砒鐵鑛精鑛が最大であり, 灰重石精鑛, 尾鑛, 黄銅鑛精鑛, 磁硫鐵鑛精鑛の順に減少している. このことは前掲, 寫眞2のオー

19) 山崎太郎, 下飯坂潤三: 第1回原子力シンポジウムに於て講演發表.(1957. 1. 13).

20) 鞍馬壽雄, 石原義博, 小南文四郎, 石川利夫, 伊藤二郎: 分析化學, 6 (1957), 3. 本研究に於ける U_3O_8 の分析法は凡て上記文献に記載の方法によつた.

ラジオグラフィーによつても或程度推察しうる。放射能強度分布という尺度を考慮することが可能であるならば、磁硫鐵礦を除く他の4産物は何れも略々20~30%程度の分布率を示す。従つて

第10表 松岩ウラン礦選礦産物の放射能強度

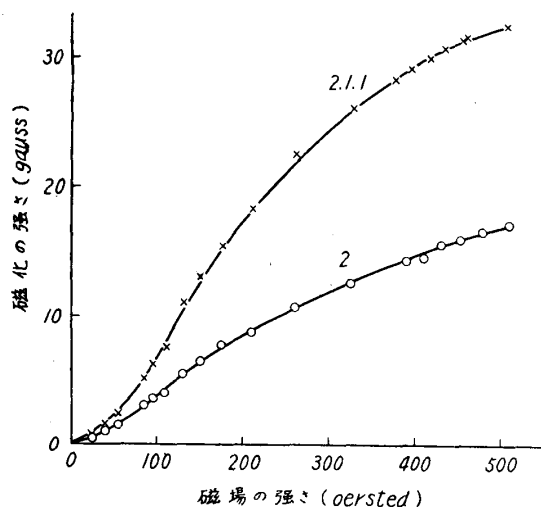
番 號	名 稱	重 量 分 布 (%)	放 射 能 強 度* (count/min)	放射能強度分布 (%)
1	黄銅鐵礦精礦	32.83	48	21.4
2. 1. 1	磁硫鐵礦精礦	9.70	23	3.0
2. 1. 2	硫砒鐵礦精礦	14.72	109	21.8
2. 2. 1	灰重石精礦	16.04	103	22.5
2. 2. 2	尾 尾	26.71	86	31.3

* 試料と計數管との距離 0.2cm, 試料重量 3.50g, 試料粒度 <65mesh

第11表 松岩ウラン礦原礦及び選礦産物の化學分析

番 號	名 稱	U ₃ O ₈ (%)	WO ₃ (%)	As (%)	Cu (%)	Fe (%)	S (%)
0	原 礦	0.058	2.23	12.21	3.49	17.03	16.66
1	黄銅鐵礦精礦	0.041			9.31	23.94	26.63
2. 1. 1	磁硫鐵礦精礦	0.013				40.37	34.44
2. 1. 2	硫砒鐵礦精礦	0.085		43.95		22.58	20.96
2. 2. 1	灰重石精礦	0.076	8.25			4.93	
2. 2. 2	尾 尾	0.069				4.28	

本試験条件では放射性礦物を特定の産物に濃縮することは困難であらうと推察される。磁硫鐵礦精礦は重量で給礦の約10%を占めるが、放射能強度分布はわずかに3%に過ぎず、又第6圖に示し



第6圖 磁硫鐵礦試料の磁化曲線

2: 尾平産試料; 粒度 48~100 mesh

2.1.1: 松岩ウラン礦磁選産物; 粒度<65mesh, 比重 4.53

第12表 松岩ウラン礦の黄銅鐵礦精礦の礦物組成

名 稱	體 積 率 百 分 率
黄銅鐵礦精礦	83.0
磁硫鐵礦	7.5
赤銅鐵礦, 斑銅鐵礦, 針鐵礦, 灰重石, 閃ウラン鐵礦等	2.2
脈 石	7.3

第13表 松岩ウラン礦の磁硫鐵礦精礦の礦物組成

名 稱	體 積 率 百 分 率
磁硫鐵礦精礦	86.4
硫砒鐵礦	7.6
斑銅	0.2
脈 石	5.8

かにし、今後の研究を進める上の目安を得ることを目的としたのであつて、必ずしも最適条件で

21) 和田正美, 眞島 宏, 橋本敏雄, 小關精壹: 選研彙, 11 (1955), 79.

の試験でないことは注意を要する。

松岩ウラン鉱の品位は U_3O_8 0.09~1.12% といわれるが、²²⁾本研究試料の場合の如く、それを下廻る場合もあり、オートラジオグラフィ及び反射顕微鏡下の観察の結果はウラン鉱物の粒度が

第14表 松岩ウラン鉱の硫砒
鉄鐵精鐵の礦物組成

名	稱	體 積 百分率
黄銅鐵	銅 鐵 鐵	3.8
硫砒鐵	砒 鐵 鐵	31.9
輝銅鐵, 閃ウラン鐵等	鐵 鐵 鐵	41.8
脈	石	2.2
		20.3

第15表 松岩ウラン鉱の灰重
石精鐵の礦物組成

名	稱	體 積 百分率
黄銅鐵	銅 鐵 鐵	5.8
灰重石	重 石	28.0
赤銅鐵, 閃ウラン鐵等	鐵 鐵 鐵	0.3
脈	石	65.9

第16表 松岩ウラン鉱の尾鐵
の礦物組成

名	稱	體 積 百分率
灰重石	重 石	1.5
硫砒鐵鐵, 黄銅鐵	鐵 鐵 鐵	1.8
黄鐵鐵, 閃ウラン鐵等	鐵 鐵 鐵	
脈	石	96.7

比較的細かいことを示している。又一般に酸浸出によつてウランを回収する際には鐵石中に方解石やその他の炭酸鹽鐵物が含まれると酸の使用量が嵩み、炭酸鹽浸出による場合には硫化鐵物として S 0.5% 以上存在すると有害であることが知られている。^{23)~26)} 松岩ウラン鐵には炭酸鹽鐵物や硫化鐵物が可成りの量含まれており、ウラン品位の向上を計るためには勿論のこと、浸出操作を容易ならしめるためにも選鐵或は焙燒の如き處理を行うことが望ましい。

松岩ウラン鐵を選鐵する場合に磨鐵操作は重要な一工程であるが、ウラン鐵物と隨伴鐵物とは緻密結合状態にあるので磨鐵によつて單體分離させることは比較的困難である。しかし著者等の豫備試験によれば磨鐵操作により微粒部分の放射能強度が高まることから、微粒部分のみに對する直接處理法、或は沈降促進劑の利用等に考慮をはらうことも必要と思はれる。

次に磁選で磁鐵鐵鐵を際去した部分は浸出工程に於ける處理の便宜から、浮選によつて黄銅鐵及び硫砒鐵鐵を主體とする硫化鐵物の部分と、灰重石及び脈石等を主體とする含酸素鐵物の部分に分け、然る後夫々の部分に適當した方法でウランの回収を計る方法も考えられる。かゝる觀點から上述の松岩ウラン鐵の選鐵試験の結果を再計算すると第17表の如くなる。即ち重量では磁

第17表 松岩ウラン鐵の選鐵成績 (再計算値)

名	稱	重 量 (%)	品 位 (%)			分 布 率 (%)		
			U_3O_8	Fe	S	U_3O_8	Fe	S
黄銅鐵, 硫砒鐵鐵精鐵		47.55	0.055	23.51	24.88	44.78	65.65	71.00
磁鐵鐵鐵精鐵		9.70	0.013	40.37	34.44	2.17	22.99	20.06
尾鐵		42.75	0.072	4.53	3.48	53.05	11.36	8.94

鐵鐵鐵精鐵を除去した他の硫化鐵精鐵が 47.55%, 尾鐵が 42.75% で U_3O_8 の分布率は夫々 44.78%, 53.05% であつて U_3O_8 品位は前者では給鐵のそれと殆んど變化しないが、後者ではわずかに向上している。

前者即ち黄銅鐵及び硫砒鐵鐵を主體とする部分に對する處理法も焙燒、加壓炭酸鹽浸出等種々考えられるのであるが、Halpern 及び Forward によつて考案された加壓酸浸出と浮選を組合せた方法、²⁷⁾ 即ち加壓酸浸出によつてウラン分の大部分と多少の銅分を溶解抽出し、次に銅を硫化銅として再沈澱し、浮選により回収する方法も適用の可能性が多く興味深い。

脈石部分でのウラン鐵物の舉動については更に詳細に知る必要があり、その結果によつては焙

22) 竹内常彦, 南部松夫: 鐵山地質, 7 (1957), 81.

23) Irani, M.C.: Deco Trefoil, 20, No. 1 (1956), 7.

24) Lennemann, W.L.: Eng. Mining J. 155, No. 9 (1954), 104.

25) Ross, A.H.: Trans. Can. Inst. Mining Met. 59 (1956), 330.

26) Foos, R.A.: Mining Eng. 8 (1956), 893.

27) Halpern, J. and F.A. Forward: Trans. Inst. Mining Met. 66, Part 5 (1957), 181.

焼及び酸浸出或は浮選により方解石を除去した後, 酸浸出を行うことも考えられるが, それらについては今後更に研究を進めたい所存である。

5. 總 括

宮城縣氣仙沼市松岩鑛山産ウラン鑛の選鑛に關する基礎資料を得るため, ウラン鑛物と共生する主要構成鑛物の顯微鏡觀察, オートラジオグラフィー, 比重, 磁性及びX線廻折等の測定を行うと共に, これと併行して黄銅鑛, 磁硫鐵鑛, 黄鐵鑛, 硫砒鐵鑛, 方解石, 灰重石, 角閃石及び電氣石の純粹試料につき, 比重, 分光反射, 磁性, X線廻折及び液相吸着等の諸性質を測定して, その結果を比較検討し, 更に松岩ウラン鑛に對する一連の選鑛試験により, 選鑛の際のウラン鑛物の舉動を追跡し, 選鑛方針決定のための資料を提供した。本研究により得られた結果の中主要なものを挙げれば次の如くである。

1) 供試松岩ウラン鑛原鑛は U_3O_8 品位 0.058%, 粒度は 100~270mesh が 80% 以上, 黄銅鑛, 磁硫鐵鑛, 硫砒鐵鑛, 灰重石等が主要な有用鑛物であつて, ウラン鑛物の粒度は可成り細い。

2) 純粹試料によるエチルゼンセートカリの吸着試験の結果, 硫化鑛物相互の吸着量の差は極めてわずかであるが, その他の鑛物に對する吸着量は硫化鑛物に對するその約 $1/2 \sim 2/3$ であつた。

3) オレイン酸ソーダの吸着量は灰重石が最も大で, 角閃石, 電氣石は夫々灰重石の80%, 67%の吸着量を示すが方解石は殆んど吸着しなかつた。

4) 松岩ウラン鑛に對し浮選及び磁選による一連の選鑛試験を行い, 黄銅鑛精鑛, 磁硫鐵鑛精鑛, 硫砒鐵鑛精鑛, 灰重石精鑛及び尾鑛を分離したが, 選鑛産物の放射能強度及び U_3O_8 品位は硫砒鐵鑛精鑛が最大で, 灰重石精鑛, 尾鑛, 黄銅鑛精鑛, 磁硫鐵鑛の順に減少する。放射能強度の分布は磁硫鐵鑛精鑛を除く他の産物に夫々20~30%程度あり, 本試験條件ではウラン鑛物を特定の産物中に濃縮することは困難と思われる。

5) 磁硫鐵鑛精鑛は U_3O_8 品位及び分布率の値が小さく, 松岩ウラン鑛中には磁性の可成り強い磁硫鐵鑛が含まれ, このものの磁選による回収は容易で, これの分離による他産物の U_3O_8 品位の向上は或程度期待し得る。

6) 選鑛産物の顯微鏡觀察及びX線廻折の結果は黄銅鑛精鑛及び硫砒鐵鑛精鑛中に磁硫鐵鑛が混入していることを示しているが, このものの回収は選鑛條件及び系統の改變により當然期待しうるものと考えられる。

本研究を行うに當り選鑛製鍊研究所小野健二所長, 理學部岩石鑛物鑛床學教室竹内常彦教授, 選鑛製鍊研究所南部松夫博士は種々御援助を賜つた。

又, 本研究は昭和31年度及び32年度文部省科學研究費の補助によつて實施せられたものである。

こゝに記して深謝の意を表する。